

Rasio Giromagnetik Batang Feromagnet dengan Metode Einstein-De Haas

By M. TOIFUR

Rasio Giromagnetik Batang Feromagnet dengan Metode Einstein-De Haas

Moh. Toifur dan Nanang Ruhimat

toifur@yahoo.com

Program Studi Fisika FMIPA Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan Umbulharjo Yogyakarta 55164

Abstrak – Telah dilakukan identifikasi sifat magnet beberapa batang feromagnet berdasarkan rasio giromagnet bahan dengan metode Einstein De Haas. Sebagai sampel digunakan tiga batang feromagnet (besi hitam, besi putih, dan besi kuning) yang telah diuji kandungan besinya dengan AAS masing-masing sebesar 95,54%, 86,72%, dan 95,71%. Eksperimen dilakukan dengan memvariasi medan magnet melalui pengaturan arus listrik yang mengalir pada koil dari 0,04 A s/d 1,80 A, dan menentukan kecepatan osilasi melalui pengukuran periode ayun menggunakan pewaktu otomatis yang dikendalikan melalui komputer. Pengolahan data dilakukan dengan metode regresi linier antara frekuensi osilasi dengan arus listrik, sedangkan rasio giromagnetik diperoleh melalui slope grafik. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh besarnya rasio giromagnet pada masing-masing batang feromagnet $\gamma_{\text{hitam}} = (1,033 \pm 0,02) \times 10^4$ Hz/T, $\gamma_{\text{putih}} = (1,031 \pm 0,03) \times 10^4$ Hz/T, dan $\gamma_{\text{kuning}} = (0,998 \pm 0,03) \times 10^4$ Hz/T. Dari hasil tersebut menunjukkan adanya kesesuaian antar rasio giromagnet batang feromagnet terhadap kadar besi hasil karakterisasi dengan metode AAS. Semakin besar kadar besinya semakin besar rasio giromagnetnya.

I. PENDAHULUAN

Alat yang sangat populer untuk menentukan sifat magnet bahan adalah VSM (*vibrating sample magnetometer*). Dengan alat ini dapat diperoleh profil loop histeresis yang memuat informasi mengenai medan koersif, magnetisasi jenuh dan magnetisasi remanen. Alat ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi bahan magnet keras dan magnet lunak. Cara lain untuk mengetahui sifat magnet bahan makroskopis khususnya untuk bahan magnet keras adalah dengan menentukan rasio giromagnet bahan. Secara mikroskopis rasio giromagnet (γ) merupakan perbandingan antara momen magnet (μ) dan momentum sudut elektron (L). Pada bahan makroskopis, rasio giromagnet merupakan perbandingan antara μ dan L seluruh bahan. Salah satu cara untuk menentukan rasio giromagnet adalah dengan percobaan efek Einstein-de Haas, dimana batang feromagnet digantungkan pada seutas benang dimasukkan kedalam medan magnet yang ditimbulkan oleh solenoida sejajar dengan arah sumbu solenoida, maka batang feromagnet tersebut akan berotasi. Berdasarkan arus yang dialirkan pada solenoida dan periode osilasi batang feromagnet, rasio giromagnet bahan dapat diketahui. Pada makalah ini ditampilkan hasil penelitian rasio giromagnet 3 jenis batang feromagnet yang memiliki kadar besi yang berlainan untuk mengetahui nilai rasio giromagnetnya.

II. DASAR TEORI

A. Nisbah Giromagnet

Jika ada arus listrik I berputar mengelilingi luasan lingkaran kecil dA , maka akan timbul momen magnet $d\mu$ yang besarnya:

$$d\mu = I dA \quad (1)$$

Arah momen magnet sesuai dengan arah vektor luasan dA . Momen magnet ini identik dengan momen dipole magnet pada batang magnet.

Untuk arus listrik yang melalui penghantar berbentuk lingkaran dengan luas A maka momen magnet yang dihasilkan adalah:

$$\mu = I A \quad (2)$$

Selanjutnya arus listrik merupakan jumlah muatan listrik yang lewat persatuan waktu. Untuk elektron yang bergerak dalam lintasan lingkaran solenoida maka satuan waktunya adalah periode, yaitu waktu yang dibutuhkan elektron untuk menempuh satu putaran.

$$I = \frac{-e}{T} \quad (3)$$

Dengan mengingat periode putaran adalah keliling lingkaran dibagi gerak laju elektron maka:

$$I = \frac{-ev}{2\pi r} \quad (4)$$

Dengan mengalikan bagian pembilang dan penyebut pada persamaan (4) dengan mr , dan dengan mengingat bahwa mvr adalah momentum sudut L serta πr^2 adalah luas lingkaran A , maka persamaan (4) menjadi:

$$I = \frac{-e}{2m} \frac{L}{A} \quad (5)$$

Persamaan (5) menjelaskan hubungan antara arus listrik yang ditimbulkan oleh gerak melingkar elektron dengan momentum sudut L . Selanjutnya dengan memindahkan A pada persamaan (5), ke ruas kiri maka perkalian $loop$ arus listrik terhadap luasan lingkaran yang dilingkupinya menyatakan momen magnet μ , sehingga persamaan (5) dalam bentuk vektor menjadi:

$$\mu = -\frac{e}{2m} L \quad (6)$$

Momen magnet inilah yang berperan menimbulkan medan magnet. Dari persamaan (6) tampak bahwa arah momen magnet berlawanan dengan arah momentum sudut. Konstanta $-e/2m$ disebut rasio giromagnet (γ) yang menyatakan perbandingan momen magnet dengan momentum sudut. Jadi persamaan (6) dapat dituliskan menjadi [2,3,4]:

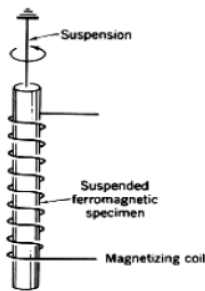
$$\mu = \gamma L \quad (7)$$

Kuantitas L tergantung pada keadaan dinamik dari electron sedangkan kuantitas μ tergantung pada rapat muatan pada bahan. Persamaan (7) dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat magnet bahan. Bahan dengan

kandungan magnet yang besar akan memiliki μ yang besar dan L yang kecil, dan sebaliknya.

B. Efek Einstein - de Haas pada Batang Feromagnet

Pada Gbr. 1 ditampilkan batang feromagnet yang digantungkan pada benang tipis kemudian batang tersebut dimasukkan ke dalam koil. Jika koil dialiri arus listrik maka timbul medan magnet. Penimbul medan magnet di sini bukan hanya 1 elektron tetapi sejumlah (n) elektron (awan elektron) yang berada pada lapisan terluar solenoida yang bergerak melingkar mengikuti lingkaran solenoida. Selain itu dengan mengingat elektron merupakan partikel bermassa, maka adanya gerakan berputar awan elektron tersebut menimbulkan momentum sudut.



Gbr 1. Efek Einstein-de Haas pada batang feromagnet [5]

Karena momentum bersifat kekal maka timbulnya momentum sudut tersebut harus dilawan oleh gerak rotasi batang feromagnet pada arah sebaliknya. Efek ini dikenal dengan efek Einstein-de Haas, yaitu peristiwa berputarnya batang feromagnet yang tergantung pada seutas benang akibat adanya gerak secara impuls yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui koil.

Jika momentum sudut batang feromagnet dan momen magnet yang ditimbulkan oleh kawat solenoida dapat ditentukan faktor giromagnet bahan dapat ditentukan.

Dengan menyamakan persamaan (2) dan persamaan (6) dan dengan mengingat bahwa koil terdiri dari N lilitan maka diperoleh:

$$NIA = \gamma L \quad (8)$$

Dengan prinsip kekekalan momentum sudut maka momentum sudut L yang ditimbulkan oleh gerak melingkar awan elektron ini dapat diganti dengan momentum sudut batang feromagnet L_f yang berputar pada arah berlawanan terhadap arah arus yaitu:

$$L_f = m_f r_f v_f \quad (9)$$

dengan L_f = momentum sudut batang feromagnet

m_f = massa batang feromagnet

r_f = jari-jari batang feromagnet

v_f = kecepatan linier batang feromagnet

Dengan mensubstitusikan persamaan (9) ke persamaan (8) maka diperoleh:

$$NI\pi r^2 = \gamma m_f r_f v_f \quad (10)$$

Pada ruas kiri r merupakan jari-jari koil. Untuk kepentingan eksperimen jari-jari koil diganti dengan diameter koil (d) dan jari-jari batang feromagnet diganti dengan diameter

batang feromagnet (d_f). Selanjutnya kecepatan linier dapat ditentukan dengan mengukur panjang busur osilasi (S) batang feromagnet dibagi periode osilasi (T). Maka persamaan (10) dapat dituliskan menjadi:

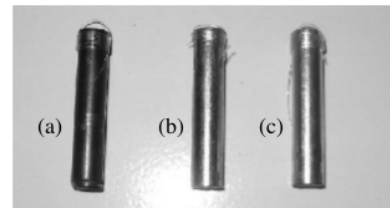
$$\frac{1}{T} = \frac{N\pi d^2}{2S\gamma m_f d_f} I \quad (11)$$

Dengan persamaan (11) memungkinkan untuk melakukan eksperimen dengan memvariasi arus I dan mencatat periode osilasi T sehingga data dapat diolah dengan regresi linier untuk memperoleh γ .

III. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Sampel uji berupa batang besi 3 jenis seperti pada Gbr. 2, dengan data fisik seperti tercantum pada tabel 1, serta kadar besi masing-masing sampel hasil identifikasi dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dicantumkan pada kolom 5.



Gbr. 2. Sampel batang feromagnet, (a) besi hitam, (b) besi putih, dan (c) besi kuning

TABEL 1 DATA TEKNIS SAMPEL BATANG BESI

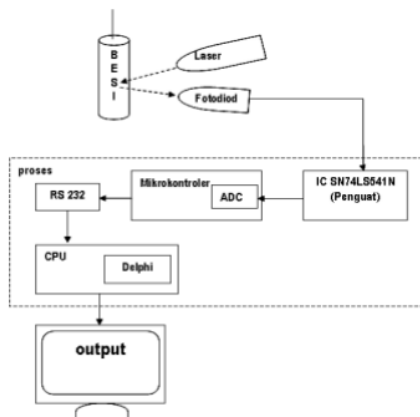
Sampel	Diameter batang, d_f (mm)	Berat batang, m_f (gr)	Kadar Fe hasil AAS (%)s	Kadar Fe (g)
Besi Hitam	8,85	16,5	95,54	15,76
Besi Putih	8,95	18,9	86,72	16,39
Besi Kuning	8,90	19,0	95,71	18,18

2. Benang nilon 15 cm sebagai pengikat sampel
3. Penggantung untuk menggantungkan sampel
4. Solenoida 1500 lilitan dengan diameter rongga 10,75 cm yang dapat menimbulkan medan magnetik sebesar 300 gauss.
5. Slide Regulator merek Matsunaga untuk memasok 5Vangan pada solenoida.
6. Multimeter merek Mazda tipe 12 B untuk mengukur arus listrik pada solenoida
7. Gaussmeter merk Hirst tipe GM 04 untuk mengukur medan magnet pada solenoida
8. Laser pointer 593 nm (kuning), 10 mW sebagai sumber cahaya untuk menyinari sampel.
9. Fotodioda untuk menangkap sinar laser yang terpantul dari sampel.
10. Timer untuk mengukur waktu osilasi sampel terkomputerisasi dengan memanfaatkan mikrokontroler AT Mega8-16PU sebagai ADC.

11. Kabel konektor untuk mengirim sinyal digital ke komputer melalui *USB to Serial (RS-232) Converter*.
12. Software delphi 6 ebagai penampil frekuensi osilasi.

B. Prosedur Penelitian

1. Menyusun alat menjadi sistem perangkat penelitian seperti pada Gbr. 3.
2. Menghidupkan komputer dan mempersiapkan *software* yang akan digunakan.
3. Menghidupkan laser dan mengarahkan ke sampel serta memastikan bahwa sinar pantul ditangkap oleh sensor fotodioda.



Gbr. 3. Diagram block desain penelitian

4. Menghidupkan sumber tegangan slide regulator dan mengatur pada posisi 10 volt sehingga batang feromagnetik berosilasi kemudian membaca besarnya medan magnet melalui gauss meter.
5. Membaca penunjukan arus solenoida melalui amperemeter, frekuensi osilasi melalui pada PC, medan magnetik melalui gaussmeter, dan mengukur panjang busur osilasi dengan jangka sorong.
6. Mengulangi langkah 4 pada setiap kenaikan tegangan 10 volt sehingga tegangan mencapai 200 volt.

C. Metode Analisis

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah regresi linier model $y = ax + b$, antara arus listrik (I) dan frekuensi osilasi sampel ($1/T$) pada persamaan (11). Nilai slope grafik a adalah

$$a = \frac{N\pi d^2}{25\gamma m_j d_j}, \quad (12)$$

sehingga rasio giromagnet sampel

$$\gamma = \frac{N\pi d^2}{25a m_j d_j}. \quad (13)$$

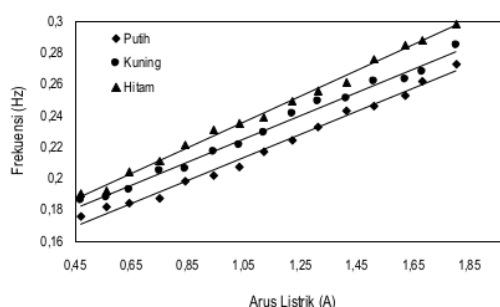
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada Gbr. 4 ditampilkan foto perangkat eksperimen untuk penelitian ini. Selanjutnya pada Gbr. 5 ditampilkan kurva hasil fitting data antara I dan $1/T$ menurut garis lurus untuk

sampel besi warna hitam, putih, dan kuning menurut persamaan (11).



Gbr. 4. Foto perangkat eksperimen



Gbr. 5. Kurva hubungan antara frekuensi osilasi batang feromagnet terhadap arus listrik

Persamaan hasil fitting masing-masing sampel, indeks determinasi, serta rasio giromagnetik masing-masing sampel ditampilkan pada Tabel II.

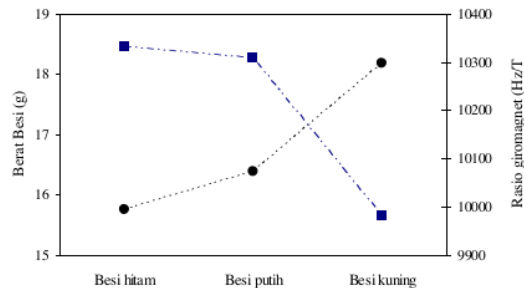
TABEL II PERSAMAAN HUBUNGAN ANTARA ARUS LISTRIK DAN FREKUENSI OSILASI SERTA NILAI RASIO GIROMAGNET

Sampel	Persamaan regresi linier	Indek Determinasi	Rasio giromagnetik (Hz/T)
Besi hitam	$y = 0,082x + 0,151$	$R^2 = 0,995$	$(1,033 \pm 0,02) \times 10^4$
Besi putih	$y = 0,073x + 0,136$	$R^2 = 0,986$	$(1,031 \pm 0,03) \times 10^4$
Besi kuning	$y = 0,073x + 0,148$	$R^2 = 0,988$	$(0,998 \pm 0,03) \times 10^4$

Orde rasio giromagnetik semua sampel adalah 10^4 Hz/T. Sebagai perbandingan rasio giromagnetik electron dalam keadaan terisolasi adalah $-1,76 \times 10^{11}$ Hz/T, sedangkan untuk besi dengan kemurnian tinggi besarnya rasio giromagnetik adalah $1,81 \times 10^{12}$ Hz/T [4]. Memang rasio giromagnetik 1 partikel lebih besar dibandingkan dengan rasio giromagnetik untuk bahan secara makroskopis. Hal ini terkait dengan tingkat kebebasan elektron untuk berotasi. Pada bahan momen magnet hanya disumbang oleh arus di bagian kulit sedangkan pada bagian dalam momen magnet tidak ada sumbangan momen magnet karena arus putar yang dihasilkan terkompensasi oleh arus putar lain dengan arah berlawanan.

Tampak adanya hubungan yang konsisten yaitu untuk sampel yang memiliki kadar besi rendah maka rasio giromagnetiknya besar sedangkan untuk sampel yang memiliki kadar besi tinggi memiliki rasio giromagnetik

kecil. Memang sebagaimana ditunjukkan oleh pers. (6) massa berkontribusi pada momentum sudut sedangkan rasio giromagnetik berbanding terbalik terhadap momentum sudut, sehingga semakin besar massa semakin kecil rasio giromagnetik.



Gbr. 6. Berat besi dan rasio giromagnetik batang besi. Tanda (■) rasio giromagnetik, dan (●) berat besi dalam sampel.

Dengan eksperimen ini dapat digunakan untuk menentukan sifat magnet bahan. Dari Gbr. 4 diketahui pula bahwa nilai rasio giromagnetik mulai kecil ke besar adalah besi hitam-putih-kuning.

12

V KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa eksperimen dengan efek Einstein-de Haas telah berhasil dilaksanakan untuk mengetahui rasio giromagnet bahan. Dari ketiga sampel uji diketahui bahwa nilai rasio giromagnet bahan berbanding terbalik terhadap kadar besi pada bahan. Batang besi kuning memiliki rasio giromagnet terbesar diantar sampel yang lain sebesar $(0,998 \pm 0,03) \times 10^4$ Hz/T.

PUSTAKA RUJUKAN

- 8 [1] Scott, G.G. 2011, "A Precise Mechanical Measurement of the Gyromagnetic Ratio of Iron", Physical Review, vol. 82, Issue 4, 542-547.
- 8 [2] Anonim, Einstein-de Haas Effect in a NiFe Film Deposited on a Crocantilever, <http://www.nist.gov>, Posted 3rd October 2006
- 6 [3] Basdevant, J.-L. and Dalibard, J. "Measuring the Electron Magnetic Moment Anomaly." Ch. 11 in The Quantum Mechanics Solver: How to Apply Quantum Theory to Modern Physics. Berlin: Springer-Verlag, 2000, pp. 79-81.
- 10 [4] Chjan C. Lim, "A Classical version of the Einstein-de Haas Effect, Mathematical Sciences, RPI, 110 8th St.", Troy: New York, 2007, pp. 12180
- 10 [5] Blundel, S., Magnetism in Condensed Matter, New York: Oxford University Press, 2001.

II. PETUNJUK BERGUNA

A. Gambar dan Tabel

Posisi gambar dan tabel berada pada awal atau akhir kolom. Hindari penempatan pada tengah kolom. Gambar besar dan tabel dapat diperlebar memenuhi kedua kolom. Judul gambar ditempatkan di bawah gambar dengan posisi rata tengah; judul tabel berada di atas tabel dengan posisi rata tengah. Hindari penempatan gambar dan tabel sebelum disebutkan di teks. Gunakan singkatan “Gbr. 1,” bahkan pada awal kalimat.

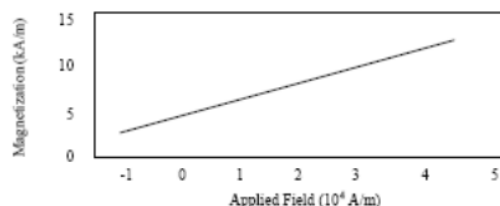
Label sumbu-sumbu koordinat pada gambar berupa grafik seringkali dapat membingungkan. Gunakan kata ketimbang simbol. Sebagai contoh, tulis “Kemagnetan,” atau “Kemagnetan (M)” ketimbang hanya menggunakan “M.” Tempatkan unit dalam tanda kurung. Jangan beri label pada sumbu koordinat hanya dengan unit. Sebagai contoh, tulis “Kemagnetan (A/m)” atau “Kemagnetan (A · m¹).” Jangan beri label pada sumbu koordinat dengan rasio atau kuantitas dan unit. Sebagai contoh, tulis “Temperature (K),” bukan “Temperature/K.”

Simbol pengali juga dapat membingungkan. Tulis “Kemagnetan (kA/m)” atau “Magnetization (10³ A/m).” Label gambar harus dapat dibaca, besarnya sekitar 10-point.

TABEL I DAFTAR JENIS DAN UKURAN

Jenis ukur. (pts.)	Tampilan		
	Umum	Tebal	Miring
6	Judul tabel, ^a huruf atau angka yang ditulis di atas		
8	Judul bagian/bab, ^a Pustaka Rujukan, table, nama tabel, ^a huruf pertama pada judul tabel, ^a judul gambar, catatankaki, subscript, superscript, Affiliasi penulis		
9		‘Abstrak’	
10	Tulisan utama, persamaan, huruf pertama pada judul bab ^a		Sub heading
13	Nama penulis		
17	Judul makalah		

^aHuruf besar



Gbr. 1. Kemagnetan sebagai fungsi dari applied field. Perhatikan bagaimana judul ditaruh di tengah kolom.

B. Pustaka Rujukan

Nomor catatan kaki secara berurutan berada dalam kurung persegi [1]. Tanda baca diikuti kurung persegi [2]. Penulisan acuan mengikuti nomor [3] Pustaka Rujukan, seperti pada [3]. Gunakan “Ref. [3]” atau Pustaka Rujukan [3]” pada awal kalimat: “Pustaka Rujukan [3] merupakan yang pertama ...”

Nomor catatan kaki dipisah di huruf superscript. Tempatkan catatan kaki terbaru pada bagian bawah kolom dimana kutipan tersebut berada. Jangan tempatkan catatan kaki pada bagian Pustaka Rujukan. Gunakan huruf untuk catatan kaki pada tabel (see Tabel I). IEEE Transactions tidak lagi menggunakan journal prefix sebelum nomor volume. Sebagai contoh gunakan “IEEE Trans. Magn., vol. 25,” dan bukan “vol. MAG-25.”

Berikan semua nama penulis; gunakan “et al.” jika terdapat lebih dari enam penulis. Makalah yang belum pernah dipublikasikan, bahkan jika telah diajukan un³ publikasi, harus ditulis sebagai kutipan “unpublished” [4]. makalah yang telah diterima untuk publikasi harus ditulis sebagai kutipan “in press” [5]. Pada judul makalah, huruf pertama tiap kata harus besar kecuali kata sambung, kata preposisi kurang dari tujuh huruf, dan begitu juga frase preposisi.

Untuk makalah yang dipublikasikan pada jurnal terjemahan bahasa lain, pertama berikan kutipan bahasa Indonesiannya, lalu menyusul bahasa penerbitannya [6].

C. Singkatan dan Akronim

Definisikan singkatan dan akronim pada kali per³ ma mereka digunakan pada teks, bahkan jika mereka telah didefinisikan di abstrak. Singkatan seperti IEEE, SI, MKS, CGS, ac, dc, dan rms tidak perlu didefinisikan. Jangan gunakan singkatan pada judul kecuali jika benar-benar tak dapat dihindari.

D. Persamaan

Penomoran persamaan dilakukan secara berurutan, dengan nomor persamaan ditulis di dalam tanda kurung dan rata kanan, contohnya (1). Untuk menuliskan persamaan menjadi lebih singkat gunakan tanda (/), misalnya untuk fungsi exp. Untuk penulisan kuantitas dan variabel gunakan simbol *Italic Roman*. Gunakan tanda dash (–) untuk menandakan tanda minus. Gunakan tanda kurung () bagian penyebut atau pembagi untuk menghindarkan kekeliruan. Berilah tanda baca koma pada persamaan jika persamaan tersebut berada dalam kalimat. Misalnya persamaan dibawah ini :

$$a + b = c \quad (1)$$

Jika persamaan diatas disebutkan dalam suatu kalimat maka cukup menuliskan “(1),” atau “persamaan (1),” kecuali pada awal kalimat tidak dituliskan dengan memakai tanda koma setelah tanda kurung. Contohnya “Persamaan (1) adalah...”

E. Lain-lain

Penggunaan Tanda numerik *Roman* untuk penomoran bab atau sub-bab adalah bersifat pilihan. Jika menggunakan tanda numerik *Roman*, maka bagian Pustaka Rujukan dan

bagian ucapan terima kasih serta sub-judul atau sub-bab tidak ditandai dengan huruf. Gunakan dua spasi untuk memisahkan antar sub-bab. Gunakan tanda penghubung pada kata-kata yang dimodifikasi: "zero-field-cooled magnetization", hindari susunan kalimat yang tidak beraturan seperti, "Dengan menggunakan (1), beda potensial telah dihitung", penulisan yang baik ialah "beda potensial dihitung dengan menggunakan persamaan (1)," atau "dengan persamaan (1), kita hitung beda potensial".

Angka desimal tidak ditulis ".25". Gunakan angka nol sebelum titik untuk menuliskan angka desimal: "0,25". Gunakan "cm³," bukan "cc." Tidak mencampurkan kata seutuhnya dengan singkatan dalam penulisan besaran fisis, misalnya: "weber/m²" melainkan "Wb/m²". Gunakan kata seutuhnya ketika menulis unit satuan fisis dalam suatu kalimat: "beberapa henry..".

III. SATUAN

Gunakan Satuan Internasional (MKS) atau CGS sebagai unit satuan dimensi (dianjurkan SI unit). Sistem besaran Inggris bisa digunakan sebagai besaran sekunder yang ditulis di dalam tanda kurung.

Hindari penggunaan SI dan CGS secara bersamaan, misalnya besaran arus dalam ampere dan besaran medan magnet dalam oersted. Hal ini akan menimbulkan kesalahan karena dimensinya tidak sesuai. Nyatakan dengan jelas unit yang dipakai dalam setiap kuantitas, baik unit SI atau CGS.

IV. BEBERAPA KESALAHAN UMUM

Perhatikan pemakaian kata tunggal dan kata jamak. *Subscript* pada kuantitas permeabilitas ruang hampa adalah dengan memakai angka nol bukan dengan huruf "o". Pernyataan dalam tanda kurung yang terdapat pada akhir kalimat diberi tanda titik diluar tanda kurung (misalnya seperti ini). (kalimat di dalam tanda kurung diakhiri dengan tanda titik yang masih berada dalam tanda kurung.). Perhatikan penulisan "11" yang homofon, jangan sampai salah dalam penulisan. Penggunaan prefik asing "non" tidak dipisah dengan kata selanjutnya.

PUSTAKA RUJUKAN

- [1] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] I.S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.

Rasio Giromagnetik Batang Feromagnet dengan Metode Einstein-De Haas

ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	metbhujbalknowledgecity.ac.in Internet	79 words — 3%
2	www.researchgate.net Internet	72 words — 2%
3	ejournal.ppkia.ac.id Internet	53 words — 2%
4	journal.uad.ac.id Internet	52 words — 2%
5	vdocuments.mx Internet	38 words — 1%
6	scienceworld.wolfram.com Internet	27 words — 1%
7	search.unikom.ac.id Internet	19 words — 1%
8	www.nature.com Internet	16 words — 1%
9	ipi.portalgaruda.org Internet	11 words — < 1%
10	academic.hep.com.cn Internet	10 words — < 1%

11

Internet

8 words — < 1%

12

eprints.dinus.ac.id
Internet

8 words — < 1%

13

ep.its.ac.id
Internet

5 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON
EXCLUDE ON
BIBLIOGRAPHY

EXCLUDE MATCHES OFF